نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۶۱۴-۵۹۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 3, Fall. 2018, p. 599-614

اثر نظام‌های خاک‌ورزی و گیاه پوششی کلزا بر خصوصیات کیفی خاک، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان

شیلان فعله گری[۱] - جواد حمزه‌ئی[۲*] - محسن نائل[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۲

چکیده

حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک و کاربرد فن‌آوری‌های مناسب مانند استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی می‌تواند در افزایش عملکرد گیاهان زراعی تأثیرگذار باشد. این آزمایش، با هدف بررسی تأثیر چهار ساله‌ی روش‌های مختلف خاک‌ورزی (بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی حداقل و مرسوم) در شرایط حضور و عدم حضور گیاه پوششی کلزا بر شاخص‌های کیفیت خاک (کربن آلی خاک و عناصر غذایی پرمصرف (NPK))، عملکرد دانه و بیولوژیک و اجزای عملکرد آفتابگردان اجرا شد. آزمایش با آرایش فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۳ و در منطقه دستجرد همدان انجام شد. تمامی ویژگی‌های مورد بررسی شامل کربن آلی، عناصر غذایی پر مصرف (NKP)، عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد آفتابگردان به‌طور معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) تحت تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی و گیاه پوششی قرار گرفتند، برهمکنش خاک‌ورزی× گیاه پوششی برای کربن آلی، نیتروژن، تعداد دانه در طبق و قطر طبق در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود، اما برای دیگر شاخص‌های مورد مطالعه غیرمعنی‌دار بود. در تیمار خاک‌ورزی حداقل×گیاه پوششی میزان کربن آلی ۲/۵ برابر نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم× بدون گیاه پوششی (شاهد) افزایش داشت، این افزایش برای سایر شاخص‌ها نیز مشاهده شد (فسفر ۸۰ درصد، پتاسیم ۳۰ درصد، نیتروژن ۲۰/۵ درصد، قطر طبق ۶۷ درصد، تعداد دانه در طبق ۶۱ درصد، وزن صد دانه ۲۷ درصد، عملکرد دانه و بیولوژیک آفتابگردان به‌ترتیب ۳۴ و ۳۹/۵ درصد). درصد پوکی دانه در تیمار خاک‌ورزی حداقل× گیاه پوششی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم× بدون گیاه پوششی (شاهد) ۲/۵ برابر کم‌تر اندازه‌گیری شد. کلزا به دلیل تولید ماده خشک بیش‌تر در واحد سطح می‌تواند در افزایش ماده آلی خاک و بهبود شرایط فیزیکی آن مؤثر باشد. اعمال تیمارهای خاک‌ورزی حداقل و کشت گیاه پوششی کلزا موجب افزایش ذخایر مواد آلی، بهبود کیفیت خاک و عملکرد آفتابگردان گردید.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی حفاظتی، عملکرد زراعی، عناصر غذایی پرمصرف، ماده آلی خاک، مدیریت بقایا

مقدمه

مدیریت خاک از اجزای اصلی کشاورزی پایدار و خاک‌ورزی از ضروری‌ترین بخش‌های این نوع مدیریت محسوب می‌شود (Ahmadvand & Hajinia, 2015). در این نوع کشاورزی علاوه بر منافع اقتصادی به حفظ و صیانت از منابع تولید از قبیل آب، خاک و محیط‌زیست توجه ویژه‌ای می‌شود (Hamzei and Borbor, 2014).

روش‌های بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل که معمولاً همراه با برجای‌ماندن مقداری بقایای گیاهی بر سطح خاک است، به‌منظور بهبود ویژگی‌های فیزیکی و زیستی خاک کاربرد دارد (Celik *et al.*, 2011). بدون خاک‌ورزی یکی از مؤلفه‌های مهم کشاورزی حفاظتی است که در نتیجه اجرای آن حداقل ۳۰ درصد از سطح خاک توسط بقایای گیاهی پوشش داده می‌شود، در این روش هیچ نوع عملیات خاک‌ورزی صورت نمی‌پذیرد و تنها ماشین کاشت، کود و بذر را با حداقل بر هم‌خوردگی در خاک قرار می‌دهد (Lugandu, 2013). در روش خاک‌ورزی حداقل که معمولاً بیش از ۳۰ درصد بقایای گیاهی بر سطح خاک باقی می‌ماند، به منظور کاهش فرسایش خاک، بهبود خصوصیات فیزیکی و زیستی خاک (Celik *et al.*, 2011)، بهبود کارآیی مصرف و افزایش نفوذ آب، کاهش نیروی کار، سوخت و استهلاک ماشین‌آلات کاربرد دارد (Gajri *et al.*, 2004).

بقایای گیاهی که روی سطح خاک پخش می‌شوند، باعث کاهش دمای خاک و کاهش تبخیر آب می‌شود، زیرا بقایای گیاهی باعث

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته خاک‌شناسی، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
۳- استادیار، گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: j.hamzei@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v16i3.68952

بازتاب نور خورشید می‌شود (Sohrabi *et al*., 2014). بقایای گیاهی می‌توانند منبع پایداری برای تولید سوخت زیستی و دیگر تولیدات صنعتی باشد (Shahpari *et al*., 2016). به هر حال، حذف آنها از سطح مزرعه ممکن است اثرات منفی روی تولید محصول و کیفیت محیط‌زیست داشته باشد. نتایج آزمایشی نشان داد که حذف بقایای گیاهی روی کربن آلی خاک اثر داشت و این اثرات در جایی بیش‌تر نمایان شد که میزان بالاتری از بقایا حذف شده بود (Singh, 2003). نتایج بررسی نجفی نژاد و همکاران (Najafinejad *et al*., 2009) نشان داد که در تیمارهای خاک‌ورزی کاهش یافته بیش‌ترین عملکرد دانه و ارتفاع بوته ذرت (*Zea mays* L.) به‌دست آمد و مقدار پروتئین دانه، مواد آلی و فسفر خاک پس از برداشت در تیمار حداقل خاک‌ورزی بیش از سایر تیمارها بود. در تیمار باقی گذاردن بقایا، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه، پروتئین دانه و مواد آلی خاک بیش‌تری حاصل شد (Mohammadi, 2012). همچنین مخلوط شدن بقایا با خاک در نظام‌های خاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی، سبب بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، حفظ حاصلخیزی و رطوبت خاک، کاهش فرسایش و تبخیر بیش از اندازه می‌شود (All-Issa and Samarah, 2007). علاوه بر این، بقایای گیاهی می‌تواند سبب کاهش اثر تغییرات اقلیمی از طریق ترسیب کربن و تعادل انتشار دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای شود (Vokovic *et al*., 2008).

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. و از تیره شب‌بو یا چلیپائیان (*Brassicaceae*) یک گونه آمفی دیپلوئید حاصل از تلاقی فرمهایی از گونه کلم (*Brassica olearacea*) با شلغم (*Brassica campestris*) در طبیعت می‌باشد. گیاهی است علفی با دوره رشد یک‌ساله که به دو تیپ بهاره و پاییزه تقسیم می‌شود. کلزا ازجمله گیاهان زراعی است که علاوه بر استفاده‌های غذایی و دارویی، به‌عنوان تمیزکننده خاک و نیز کاهش‌دهنده بیماری‌های خاک‌زاد شناخته می‌شود که از طریق کاهش جمعیت حشرات و میکروارگانیزم‌های خاک و نیز کنترل علف‌های هرز، محیط مناسبی را جهت کشت گیاهان زراعی دیگر فراهم می‌کند. این گیاه دارای سیستم دفاعی با ارزشی تحت عنوان سیستم گلوکوزینولات- میروزیناز می‌باشد که یک نوع سیستم دگر آسیبی فعال است (Potter, 1999). گونه‌های خانواده شب‌بو به‌خصوص جنس براسیکا توانایی جلوگیری از جوانه‌زنی و رشد سایر گیاهان را دارا هستند (Al-Khatib *et al*., 1997). کلزا با دارا بودن بیش از ۴۰ درصد روغن در دانه و ۴۴ – ۳۶ درصد پروتئین در کنجاله از معدود گیاهان روغنی است که قابلیت کشت در شرایط اقلیمی گوناگون را داراست (Raymer, 2002). این گیاه سومین گیاه روغنی مهم دنیا است که سطح زیر کشت آن در مناطق معتدل به سرعت در حال افزایش است (Basalma, 2008). کلزای زمستانه قابلیت بالایی در رقابت با علف‌های هرز پاییزه دارد (Kruidhof *et al*., 2008). در بهار، بقایای آمیخته با خاک گیاهان پوششی از طریق اثرات دگرآسیبی (Ohno *et al*., 2000)، تحریک پاتوژن‌های خاک، تغییر قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و بهبود رشد گیاه زراعی و افزایش قابلیت رقابت با علف‌های هرز از جوانه‌زنی علف‌های هرز جلوگیری کرده و رشد آنها را کاهش می‌دهند (Conklin *et al*., 2002).

گزینش و اجرای بهینه‌ی یک سامانه‌ی خاک‌ورزی مناسب می‌تواند بستر مناسبی برای بذر فراهم آورده و در نهایت منجر به ایجاد عملکرد مطلوب شود (Chaghazardi *et al*., 2015) ، هرچند سامانه‌های خاک‌ورزی مرسوم با شکستن لایه‌های نفوذناپذیر خاک و قطع چرخۀ زندگی علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها بستر مناسبی برای رشد گیاه فراهم می‌کنند، ولی این سامانه‌ها هم به انرژی زیادی نیاز دارند و هم در دراز مدت ویژگی‌های فیزیکی خاک را تخریب می‌کنند (Sharma *et al*., 2011).

با توجه به گسترش نظام‌های خاک‌ورزی و استقبال کشاورزان از آن، این سوال مطرح است که کدام روش می‌تواند در دست‌یابی به عملکرد مطلوب مؤثر واقع شود. از این‌رو هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی (بدون خاک‌ورزی، خاک-ورزی حداقل و خاک‌ورزی مرسوم) و کاشت گیاه پوششی کلزا بر شاخص‌های کیفیت خاک و اجزای عملکرد آفتابگردان و تعیین مناسب‌ترین روش خاک‌ورزی و امکان کاربرد گیاهان پوششی در شرایط اقلیمی منطقه بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا واقع در ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱ دقیقه عرض شمالی واقع در پنج کیلومتری غرب روستای دستجرد در نزدیکی شهر همدان انجام شد. ارتفاع از سطح دریا ۱۶۹۰ متر بود. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای طرح در جدول ۱ نشان داده شده است. میزان بارندگی در طول اجرای آزمایش ۱۳۷ میلی‌متر بود که نحوه توزیع بارندگی و همچنین دیگر ویژگی‌های آب و هوایی محل اجرای آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های خاک مزرعه مطالعاتی قبل از اجرای پژوهش (قبل از آغاز فصل زراعی سال ۹۳)

Table 1- Selected soil properties of the experimental field prior at the beginning of the study (before beginning of the 2015 growing season)

Total N (%)	Available K (ppm)	Available P (ppm)	بافت خاک Soil Textur	کربن آلی OC (%)	واکنش خاک pH	EC (dS m^{-1})	CEC mol (p^+) kg^{-1}
0.13	220	8.2	Clay Loan	0.72	7.46	0.41	14

CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی، EC: هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، OC: کربن آلی

CEC: Cation Exchangeable Capacity, Ec_e: Electrical Conductivity of soil saturation extract, OC: Organic Carbon

جدول ۲- خصوصیات آب و هوایی محل آزمایش در طول فصل رشد

Table 2- Weather patterns during the growing season

	اسفند ۹۲ Mar. 2014	فروردین ۹۳ Apr. 2014	اردیبهشت ۹۳ May 2014	خرداد ۹۳ Jun. 2014	تیر ۹۳ Jul. 2014	مرداد ۹۳ Aug. 2014	شهریور ۹۳ Sep. 2014
دمای کمینه Min. Temp. (˚C)	-4.5	-6.1	3.7	7.4	11.7	11.2	6.9
دمای بیشینه Max. Temp. (˚C)	19.7	25.3	30.4	36.9	38.8	39.1	34.6
بارندگی کل Total rainfall (mm)	46.3	13.9	27.3	0.4	0.3	0.2	0

سازمان هواشناسی ایران (۱۳۹۳-۱۳۹۲)

Iran Meteorological Organization (2013-2014)

قبل از اجرای پژوهش حاضر در زمین مورد نظر، به مدت ۳ سال متوالی (از سال ۹۰ تا سال ۹۲) از سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی (بدون خاک‌ورزی (NT)، خاک‌ورزی حداقل (MT) و خاک‌ورزی مرسوم (CT) و کشت (UC) و عدم کشت (NC) گیاه پوششی استفاده شده بود. در سه سال نخست ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* L.) به‌عنوان گیاه پوششی و ذرت به‌عنوان گیاه اصلی کشت شده بود. مطالعه حاضر که در سال ۹۳ انجام گرفت، چهارمین سال اجرای این طرح بود. این آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با آرایش فاکتوریل و در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای اعمال شده بر روی زمین، مشابه سه سال قبل بود. به این صورت‌که نظام‌های خاک‌ورزی متفاوت شامل بدون خاک‌ورزی (NT)، خاک‌ورزی حداقل (MT) و خاک‌ورزی مرسوم (CT) و کشت (UC) و عدم کشت (NC) گیاه پوششی، در کرت‌ها اعمال شد و در سال چهارم اجرای طرح، کلزا به‌عنوان گیاه پوششی و آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) به‌عنوان گیاه اصلی کشت شد. بذور کلزا و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) از مرکز تحقیقات شهرستان همدان تهیه شد.

در قسمتی از هر کرت اصلی (متعلق به یک تیمار خاک‌ورزی خاص) گیاه پوششی کلزا رقم هایولا ۴۰۱ کشت گردید و قسمت باقی‌مانده به‌صورت آیش (بدون گیاه پوششی) در نظر گرفته شد. عملیات کاشت گیاه پوششی کلزا به‌صورت خشکه‌کاری، درهم و دستی به میزان ۶ کیلوگرم در هکتار در اسفند ۹۲ انجام گردید. در اردیبهشت ۹۳، زمانی که حدودا ۳۰ تا ۴۰ درصد کلزا به گل رفته بود، گیاه پوششی کف برشده و با یک دیسک سطحی در سطح زمین رها شد و در کرت‌هایی که بدون گیاه پوششی بودند نیز علف‌های هرزی که رشد کرده بودند از سطح خاک جمع‌آوری و بیرون برده شد. بعد از گذشت یک هفته از زمان قطع گیاه پوششی کلزا، زمین با ادوات مخصوص برای هر نوع از نظام‌های خاک‌ورزی به شرح زیر تیمار شد. برای اجرای خاک‌ورزی مرسوم از گاوآهن برگردان‌دار + دیسک بهره‌گیری شد. عمق شخم گاوآهن برگردان‌دار ۱۵ سانتی‌متر بود و حدود ۵ درصد از بقایای کلزا در سطح خاک باقی ماند. برای انجام خاک‌ورزی حداقل از گاوآهن چیزل که شمع کوب نیز به آن وصل بود، بهره‌گیری شد. عمق برش خاک در این نوع خاک‌ورزی ۱۰ سانتی‌متر بود. در کرت‌های بدون خاک‌ورزی هیچ‌گونه عملیاتی انجام نشد و کلیه بقایای کلزا در سطح خاک به‌صورت پوشش باقی ماند.

درنهایت در اواسط خرداد و دو هفته بعد از قطع کردن کلزا و اجرای تیمارهای مختلف خاک‌ورزی، آفتابگردان آجیلی (گیاه اصلی) رقم کانفتا کشت گردید. کاشت آفتابگردان در سال چهارم زراعی با تراکم هشت بوته در مترمربع با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر انجام و در هر کرت شش ردیف به‌صورت دستی کشت شد. پس از کاشت آفتابگردان، بلافاصله آبیاری به‌صورت بارانی به فاصله زمانی هر ۶ روز یک‌بار انجام شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک و توصیه کودی، ۲۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در سه مرحله (۵۰ درصد در زمان کاشت، ۲۵ درصد در زمان ظهور طبق‌ها و ۲۵ درصد در زمان گل‌دهی) به خاک اضافه گردید. همچنین، جهت کنترل علف‌های هرز از روش وجین دستی استفاده شد. نمونه‌برداری

از گیاه آفتابگردان در شهریور ۱۳۹۳ پس از رسیدگی محصول و خشک شدن ساقه گیاه، یک هفته بعد از آخرین آبیاری انجام گردید به‌این صورت که دو ردیف کناری به‌عنوان حاشیه منظور شد و از چهار ردیف باقی‌مانده (سطحی معادل دو مترمربع) از هرکرت صفاتی نظیر درصد پوکی، وزن صد دانه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده اندازه‌گیری شد.

وزن صد دانه آفتابگردان از میانگین ۴ نمونه ۱۰۰ تایی و از طریق توزین با ترازوی ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. تعداد پنج طبق از هر واحد آزمایشی انتخاب و قطر آن‌ها (فاصله بین لبه‌های خارجی طبق) با خط‌کش اندازه‌گیری شد و میانگین اعداد حاصل به‌عنوان قطر طبق منظور گردید. درصد پوکی دانه‌ها نیز از میانگین مجموع دانه‌های حاصل از پنج طبق محاسبه شد. همچنین، تعداد دانه در پنج طبق شمارش و میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد دانه در طبق ثبت گردید. برای تعیین عملکرد دانه، از هر واحد آزمایشی ۲ متر مربع برداشت شد و پس از خشک شدن ابتدا عملکرد بیولوژیک تعیین گردید و سپس دانه‌ها از طبق‌ها جدا و جهت تعیین عملکرد دانه با ترازوی ۰/۰۱ و با ۱۲ درصد رطوبت توزین شدند. پس از گذشت یک هفته از برداشت محصول، نمونه‌برداری از خاک در شهریور ماه ۱۳۹۳ (نشان‌دهنده تغییرات ناشی از چهار سال اعمال مدیریت‌ها) انجام گرفت. از هر قطعه زمین شش نمونه دست نخورده از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه گردید، این شش نمونه پس از انتقال به آزمایشگاه دو به دو با هم ترکیب و در نهایت سه نمونه ترکیبی هوا خشک و از الک عبور داده شد. برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک از روش والکی و بلک (Walkley and Black, 1934) استفاده شد. عناصر غذایی پرمصرف فسفر به روش اُلسن (Olsen *et al.*, 1954)، پتاسیم به روش کلوت (Klut, 1986) و نیتروژن به روش برمنر (Bremner, 1970) اندازه‌گیری شد.

تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS 9.2 صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح آماری ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

صفات مورد بررسی کیفیت خاک

کربن آلی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که تأثیر اعمال دو تیمار خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر کربن آلی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌های مربوط به کربن آلی خاک (جدول ۴) نشان داد که مقدار کربن آلی در تیمار MT×UC با مقدار ۱۰/۴ گرم بر کیلوگرم به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بیش‌تر بود. بعد از تیمار MT×UC بیش‌ترین مقدار کربن آلی را تیمار NT×UC با مقدار ۸/۴ گرم بر کیلوگرم به خود اختصاص داد و کم‌ترین میزان کربن آلی در تیمار CT×NC با مقدار ۴/۵ گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. تیمارهای CT×UC و NT×NC تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. اعمال تیمار MT×UC توانست میزان کربن آلی در این تیمار را نسبت به دو تیمار NT×UC و CT×UC به‌ترتیب ۱۹/۲۳ و ۴۳/۲۷ درصد افزایش دهد. این در حالی‌است که در تیمارهای اعمال خاک‌ورزی بدون گیاه پوششی، تیمار MT×NC تنها توانست به‌ترتیب ۱۱/۴۳ و ۳۴/۲۸ درصد کربن آلی را نسبت به دو تیمار NT×NC و CT×NC افزایش دهد. تاثیر توام دو تیمار خاک‌ورزی حداقل و حضور گیاه پوششی منجر شد در این تیمار کربن آلی نسبت به تیمار خاک‌ورزی مشابه اما بدون حضور گیاه پوششی بیش‌تر اندازه‌گیری شود. همچنین، عدم حضور گیاه پوششی در تیمار خاک‌ورزی مرسوم منجر شد کربن آلی در این تیمار کم‌تر از تیمار خاک‌ورزی مرسوم با حضور گیاه پوششی گزارش شود.

لازم به ذکر است در این مطالعه مقدار اولیه بقایای گیاه پوششی اضافه شده به تیمارهای خاک‌ورزی مختلف مشابه بود، بنابراین تفاوت مشاهده شده در کربن آلی بین سیستم‌های خاک‌ورزی مختلف نتیجه‌ی سطوح مختلف اختلاط خاک و مخلوط شدن بقایای گیاه پوششی با خاک است. دو تیمار CT×UC و NT×NC از نظر میزان کربن آلی در یک گروه آماری قرار گرفتند، با این وجود کربن آلی در NT×NC کمی بیش‌تر از تیمار CT×UC اندازه‌گیری شد (۱۰ درصد). به نظر می‌رسد از یک طرف، در تیمار NT×NC عدم حضور گیاه پوششی، توسط بقایای گیاه اصلی که هر ساله در سطح خاک و بدون اختلاط با آن، باقی گذاشته می‌شود جبران شده باشد؛ بقایای ریشه گیاه اصلی نیز در ورود کربن آلی به خاک این تیمار نقش به‌سزایی دارد. از طرف دیگر، هرچند تیمار CT×UC هر ساله گیاه پوششی دریافت کرده است، ولی به دلیل اعمال شخم برگردان و اختلاط کامل آنها با خاک تجمع کربن آلی در خاک محدود بوده است، به طوری که مقدار کربن آلی در این تیمار به لحاظ آماری تفاوتی با کشت مرسوم منطقه (CT×NC) ندارد. این‌که اثر مثبت گیاه پوششی بر کربن آلی در تیمار MT بیش‌ترین است، شاید به این دلیل است که اعمال مدیریت خاک‌ورزی حداقل به ایجاد شرایط مناسب در خاک برای افزایش میزان کربن کمک کرده و حضور گیاه پوششی توام با خاک‌ورزی حداقل سبب مهیا شدن شرایطی ایده آل برای افزایش کربن آلی شده است. کبیری و همکاران (Kabiri *et al.*, 2016) در بررسی سیستم‌های خاک‌ورزی متفاوت بر ویژگی‌های زیستی خاک گزارش کردند میزان کربن بالا در زیست‌توده میکروبی خاک تحت تأثیر اعمال سیستم خاک‌ورزی MT نسبت به NT نشان‌دهنده این است که کربن آلی بیش‌تری در تیمار MT نسبت به تیمار NT وجود دارد، به این دلیل که در تیمار NT هیچ عملیات خاک‌ورزی بر روی خاک انجام نمی‌شود و شرایط برای تغییر ماهیت

کربن به فرم فعـال و مـؤثر در واکـنش‌هـای خـاک مهیـا نمـی‌شـود. خاک‌ورزی حداقل میزان خاکدانه‌های پایدار در خاک را افزایش داده و نتیجـه آن افـزایش کـربن آلـی نسـبت بـه بـدون خـاک‌ورزی اسـت (Hamzei and Borbor, 2014). کلاپ و همکاران (Clapp *et al*., 2000) نیز با بررسی محتوای کربن آلی خاک تحت تـأثیر تیمارهـای مختلف خـاک‌ورزی گـزارش نمودنـد کـه عـدم اجـرای خـاک‌ورزی (به‌عنوان مهم‌ترین عامل مدیریتی مؤثر بر محتوای ذخیره کربن خاک) بهترین تأثیر را بر بهبود محتوای کربن آلی خاک داشتند. سطح کـربن آلی خاک را می‌توان از طریق کاربرد برخی فن‌آوری‌های زراعی ماننـد کاشت ارقام پرمحصول (با تولید بقایای گیـاهی زیـاد و ریشـه فعـال)، عدم برداشت بقایای گیاهی و توجه به کیفیت و کمیت بقایای گیـاهی افزایش داد (Ghaffari *et al*., 2012). انواع مختلف گیاهان پوششـی یا گیاهان تقویت‌کننده سـبب افـزایش جمعیـت میکروارگانیسـم‌هـای خاک‌زی خواهند شد که همبستگی مثبتی با میزان کـربن آلـی خـاک دارد (Kabiri *et al*., 2016). بازگشت بقایای گیاهی زنـده بـه خـاک تحت عنوان کود سبز منجر به افـزایش مـاده آلـی و درنتیجـه بهبـود حاصـلخیزی خـاک خواهـد شـد کـه ایـن پدیـده در نتیجـه افـزایش فعالیت‌های میکروزیستی، بهبود ساختار بیوفیزیکی و جلوگیری از هدر رفت ماده آلی خـاک در اثـر فرسـایش رخ خواهـد داد (Algan and Celen, 2011). احمدوند و حاجی نیا (Ahmadvand and Hajinia, 2015) در بررسی تأثیر گیاه پوششی (ماشـک و جـو) و سیسـتم‌هـای مختلف خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بر عملکرد سیب‌زمینی گـزارش کردند میزان افزایش ماده آلی خاک در تیمـار خـاک‌ورزی حـداقل بـا کاشت گیاهان ماشک و جو نسبت به خاک‌ورزی مرسوم و عدم کاشت گیاه پوششی به‌ترتیب ۵۵ و ۱۹ درصد افزایش داشت.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر ویژگی‌های خاکی

Table 3- Analysis of variance for the effect of tillage and cover crop on soil properties

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی d.f	**Mean of squares میانگین مربعات** کربن آلی Organic carbon	فسفر Phosphorus	پتاسیم Potassium	نیتروژن Nitrogen
بلوک Block	2	3.52**	8.40**	356.22 **	0.0042**
خاک‌ورزی Tillage	2	18.82**	55.40**	23409.05**	0.1335**
گیاه پوششی Cover crop	1	8.41**	156.05**	747.55 **	0.0117**
خاک‌ورزی×گیاه پوششی Tillage × Cover crop	2	1.68**	0.06 ns	137.72 ns	0.0007**
خطا Error	10	0.22	0.39	76.50	0.0001
ضریب تغییرات CV (%)	-	5.80	3.00	1.75	0.62

ns غیر معنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

(ns: non significant, ** significant at P <0.01)

نیتروژن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جـدول ۳) نشـان داد کـه تأثیر برهم‌کنش دو تیمار خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر مقدار نیتـروژن خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌های مربوط بـه نیتـروژن خـاک (جـدول ۴) نشـان داد مقـدار نیتـروژن در تیمـار MT×UC با مقدار ۱/۷ گرم بر کیلوگرم به‌طور معنی‌داری نسـبت بـه سایر تیمارها بیش‌تر است. تیمار NT×UC بـا مقـدار ۱/۶۴ گـرم بـر کیلوگرم در مرتبه دوم قرار گرفت. تیمارهـای MT×NC و NT×NC با مقدار ۱/۵۶ و ۱/۵۱ گرم بر کیلوگرم بعـد از تیمارهـای خـاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی با کاشت گیاه پوششـی بـیش‌تـرین مقـدار نیتروژن را داشتند. کم‌ترین مقدار نیتروژن مربوط به تیمـار CT×NC (با مقدار ۱/۳۵ گرم بر کیلوگرم) بود که در این تیمار نیتـروژن نسـبت به تیمار خـاک‌ورزی حـداقل×گیـاه پوششـی ۲۰/۵۹ درصـد کـاهش داشت (جدول ۴). نیتروژن اثر قابل توجهی بر شاخص‌های رشدی دارد به گونه‌ای که با تأمین نیتروژن مورد نیاز گیـاه مـی‌تـوان بـه ترکیـب متعادلی از شاخص‌های رشدی در گیاه دسـت یافـت و عملکـرد گیـاه زراعی را بهبود بخشـید (Mohammadi *et al*., 2015). گیاهـان بـا دریافت نیتروژن مورد نیاز خود سطح برگ بیشـتری تولیـد مـی‌کننـد.

افزایش سطح برگ را می‌توان به دلیل افزایش سطح سبزینه‌ای گیاه دانست که این افزایش تعیین‌کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است (Yasari and Patwardhan, 2007). به‌طور کلی، با افزایش نیتروژن خاک گسترش سطح برگ به دلیل تحریک رشد رویشی افزایش می‌یابد و کارایی مصرف نور زیاد می‌شود، بنابراین سرعت رشد محصول افزایش و عملکرد گیاه بهبود می‌یابد (Mohammadi *et al.*, 2015)، با توجه به یافته‌های این پژوهش بیش‌ترین مقدار نیتروژن (۱/۷ گرم بر کیلوگرم) در تیمار خاک‌ورزی حداقل×گیاه پوششی اندازه‌گیری شد (جدول ۴)، که در این تیمار نیز بالاترین عملکرد بیولوژیک آفتابگردان (۱۶۷۳ گرم بر مترمربع) گزارش شد (جدول ۶). به‌کارگیری خاک‌ورزی رایج با افزایش تردد ماشین‌آلات و شدت خاک‌ورزی باعث برهم زدن خاک و تجزیه ماده آلی و بقایای گیاهی شده و افزایش موقتی محتوای عناصر غذایی خاک را در پی دارد. با این حال هدرروی این عناصر به دلیل قابل دسترس بودن افزایش می‌یابد و در طولانی مدت سبب کاهش محتوای عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک می‌گردد که این امر می‌تواند به دلیل افزایش نیاز به عناصر غذایی جهت بهبود حاصلخیزی و باروری خاک، هزینه‌های تولید را به دلیل بالا رفتن میزان مصرف کودهای شیمیایی افزایش دهد و هم‌چنین آلودگی‌های زیست‌محیطی را در درازمدت برای بوم نظام‌های زراعی به همراه داشته باشد (Copeland and Crookston, 1992). محتوای نیتروژن در نظام‌های دارای شخم حفاظتی به‌طور معنی‌داری بیشتر از نظام‌های خاک‌ورزی مرسوم است (Jeffery *et al.*, 2002). به نظر می‌رسد استفاده از بقایای گیاهانی که کیفیت مناسبی دارند اگر همراه با مدیریت خاک‌ورزی حفاظتی انجام گیرد، نتیجه مطلوبی در پی خواهد داشت. به‌خصوص اگر زمان آزادسازی عناصر غذایی از بقایای گیاهی در حال تجزیه، هم‌زمان با نیاز گیاه زراعی باشد. در چنین شرایطی شکاف زمانی بین آزادسازی عناصر از بقایای گیاهی و جذب عناصر توسط گیاه از محیط کم شده و با کاهش تلفات عناصر، راندمان جذب را افزایش خواهد داد (Blanco-Canqui and Lal, 2009). اما اگر این هم‌زمانی صورت نگیرد گیاه مجبور است از منابع کودی برای تأمین عناصر موردنیاز خود استفاده کند. در این حالت فرم معدنی نیتروژن تبدیل به فرم آلی می‌شود، با این حال نیتروژن اگرچه زیاد هم باشد اما برای گیاه قابل استفاده نیست، بنابراین در صورت استفاده از مقادیر اضافی کود نیتروژن، گیاه می‌تواند این کاهش را جبران کند (Shahpari *et al.*, 2016).

فسفر

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که تأثیر اعمال دو تیمار خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر مقدار فسفر فراهم خاک در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود اما برهمکنش این دو تیمار برای فسفر فراهم غیرمعنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌های مربوط به فسفر فراهم خاک (جدول ۶) نشان داد فسفر فراهم در تیمار MT به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای NT و CT بیش‌تر است، به طوری که بیش‌ترین مقدار فسفر فراهم در تیمار MT (۲۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و تیمار NT (۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمد؛ کم‌ترین مقدار فسفر فراهم معادل ۱۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار CT مشاهده شد. میزان فسفر فراهم در تیمار گیاه پوششی در مقایسه با تیمار بدون گیاه پوششی اختلاف معنی‌داری نشان داد، در تیمار NC مقدار فسفر اندازه‌گیری شده برابر با ۱۷/۷ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود در حالی‌که در تیمار UC میزان فسفر اندازه‌گیری شده با مقدار ۲۳/۶ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) ۳۳ درصد بیش‌تر نسبت به تیمار عدم حضور گیاه پوششی اندازه‌گیری شد (جدول ۶). در بین تیمارهای خاک‌ورزی حفاظتی، تیمار MT به‌طور مؤثرتری به افزایش فسفر فراهم کمک کرده است، به طوری که میزان فسفر در تیمار MT ۳۳/۳ درصد بیش‌تر نسبت به تیمار NT اندازه‌گیری شد. افزایش مواد آلی در تیمارهای تلفیقی خاک‌ورزی حفاظتی و گیاه پوششی سبب افزایش فسفر فراهم می‌گردد. با توجه به جدول ۴ میزان کربن آلی در تیمار MT نسبت به تیمار NT ۲۶ درصد بیش‌تر اندازه‌گیری شد. فانیک و همکاران (Fink *et al.*, 2016) در بررسی اثر سه ساله خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم بر جذب و رهاسازی فسفر در خاک‌های زراعی برزیل گزارش کردند که میزان رهاسازی فسفر در خاک‌ورزی مرسوم نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی در پایان سال سوم ۶ درصد افزایش یافت. نامبردگان بیان نمودند اعمال خاک‌ورزی حفاظتی به غنی شدن مواد آلی خاک کمک می‌کند و ماده آلی با فسفر پیوند برقرار کرده و فراهمی زیستی فسفر در خاک را افزایش داده و از هدرروی فسفر جلوگیری می‌کند. در بررسی‌های جهان و همکاران (Jahan *et al.*, 2010) افزودن بقایای گیاه پوششی شبدر به خاک موجب بالا رفتن درصد مواد آلی خاک، حفاظت و باز چرخش عناصر غذایی و نیز اصلاح باروری خاک شد. آن‌ها هم‌چنین اظهار داشتند که استفاده هم‌زمان از گیاهان پوششی شبدر و نخود سبز به علت دارا بودن قدرت رویشی بالا و ریشه‌های قوی، می‌تواند جذب مقدار زیادی از عناصر غذایی محلولی را که در شرایط عادی بر اثر شستشو به اعماق خاک نفوذ می‌کند، افزایش دهد.

پتاسیم

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که تأثیر اعمال دو تیمار خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر مقدار پتاسیم فراهم در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما برهم‌کنش این دو تیمار برای شاخص فوق غیرمعنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌های مربوط به پتاسیم فراهم خاک (جدول ۶) نشان داد که هرچند دو تیمار NT و

MT تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند، اما پتاسیم فراهم در تیمار MT با مقدار ۵۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نسبت به تیمار NT ۲ درصد بیش‌تر گزارش شد.

جدول ٤- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر کربن آلی خاک، نیتروژن خاک، قطر طبق و تعداد دانه در طبق آفتابگردان

Table 4- Mean comparisons for the effect of different tillage systems and cover crops on soil organic carbon, soil nitrogen and anthodium diameter and number of grain per anthodium of sunflower

خاک‌ورزی و گیاه پوششی Tillage and cover crop	کربن آلی Organic carbon ($g.kg^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen ($g.kg^{-1}$)	قطر طبق Anthodium diameter (cm)	تعداد دانه در طبق Grain number anthodium^{-1}
بدون خاک‌ورزی بدون گیاه پوششی No-tillage without cover crop (NT×NC)	6.2^{c}	1.51^{d}	16.6^{cd}	527^{e}
بدون خاک‌ورزی با گیاه پوششی No-tillage with cover crop (NT×UC)	8.4^{b}	1.64^{b}	22.4^{b}	951^{b}
خاک‌ورزی حداقل بدون گیاه پوششی Minimum tillage without cover crop (MT×NC)	7^{ab}	1.56^{c}	15^{d}	602^{d}
خاک‌ورزی حداقل با گیاه پوششی Minimum tillage with cover crop (MT×UC)	10.4^{a}	1.72^{a}	27^{a}	1085^{a}
خاک‌ورزی مرسوم بدون گیاه پوششی Conventional tillage without cover crop (CT×NC)	4.6^{d}	1.35^{f}	12^{e}	420^{f}
خاک‌ورزی مرسوم با گیاه پوششی Conventional tillage with cover crop (CT×UC)	5.9^{c}	1.42^{e}	18^{c}	831^{c}

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترکند از نظر صفت مورد مطالعه بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to LSD test ($p<0.05$).

کم‌ترین مقدار پتاسیم فراهم در تیمار CT با مقدار ۴۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. میزان پتاسیم فراهم در تیمار گیاه پوششی در مقایسه با تیمار بدون گیاه پوششی اختلاف معنی‌داری نشان داد، در تیمار NC مقدار پتاسیم اندازه‌گیری شده برابر با ۴۹۰ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود در حالی‌که در تیمار UC میزان پتاسیم اندازه‌گیری شده با مقدار ۵۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم، ۳ درصد بیش‌تر نسبت به تیمار عدم حضور گیاه پوششی اندازه‌گیری شد (جدول ۶). در توجیه تغییرات اندک پتاسیم در بین تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش می‌توان گفت انتقال پتاسیم قابل دسترس در خاک (پتاسیم محلول) از خاک سطحی به اعماق در نتیجه آبیاری منجر به کاهش منبع پتاسیم خاک شده است. علاوه بر این، نباید از تأثیر عواملی مانند تثبیت پتاسیم در خاک بر منبع پتاسیم قابل دسترس خاک غافل شد. پتاسیم تثبیت شده در کوتاه مدت غیرقابل استفاده است اما با گذشت زمان و جذب پتاسیم محلول و تبادلی خاک تعادل بین شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک فراهم می‌شود (Najafi-Ghiri *et al*., 2011).

الکساندرا و همکاران (Alexandra *et al*., 2013) در پژوهشی ۱۲ ساله بر تأثیر کودهای آلی و شخم کاهش یافته بر خصوصیات خاک و عملکرد زراعی نشان دادند اعمال خاک‌ورزی کاهش‌یافته ابزار مؤثری در افزایش عناصر غذایی خاک، بهبود حاصلخیزی خاک و در نتیجه تولید انبوه‌تر محصولات زراعی خواهد بود. گارسیا و همکاران (Garcia *et al*., 2008) در بررسی چرخه پتاسیم فراهم در زراعت ذرت عنوان کردند افزایش مقدار پتاسیم فراهم در سطح رویی خاک تحت تأثیر خاک‌ورزی کاهش یافته و حفظ بقایا را به توانایی بقایای گیاهی برای بازیافت مواد مغذی و تبدیل پتاسیم فراهم به فرم غیر قابل تبادل دانستند. شهپری و همکاران (Shahpari *et al*., 2016) در مقایسه دو تیمار برگرداندن بقایای گیاه کلزا و سوزاندن گندم گزارش کردند، تیمار برگرداندن بقایای کلزا به میزان ۱۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیش‌ترین و تیمار سوزاندن بقایای گندم به میزان ۱۲۰ میلی‌گرم به کیلوگرم کم‌ترین مقادیر پتاسیم خاک را نتیجه داد و در توجیه این نتایج بیان کردند به‌نظر می‌رسد برگرداندن بقایای کلزا و

آزاد شدن تدریجی عناصر باعث افزایش میـزان آن عناصـر در خـاک می‌شود. افزودن گیاه پوششی به خاک موجب بالا رفـتن درصـد مـواد آلی خاک، حفاظت و باز چرخش عناصر غذایی مورد نیـاز گیـاه و نیـز اصلاح باروری خاک می‌شود. گیاهـان پوششـی بـه علـت دارا بـودن قدرت رویشی بالا و ریشه‌های قوی، می‌توانند مقدار زیادی از عناصـر غذایی محلولی را که در شرایط عادی بر اثر شستشو به اعمـاق خـاک نفوذ کرده‌اند، جذب کنند (Martins *et al.*, 2015). گیاهان پوششـی با جذب عناصر غذایی که ممکن است از نیم‌رخ خاک شسته شوند، به چرخه عناصرغذایی در بخش زنده خاک کمک مـی‌کننـد. بایـد توجـه داشت که این مواد غذایی پتانسیل آلودگی آب‌های زیر زمینـی را نیـز دارند (Jahan *et al.*, 2010).

شاخص‌های زراعی آفتابگردان

درصد پوکی دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) نشـان داد تـأثیر اعمال دو تیمار خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر مقدار درصد پـوکی دانـه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود اما برهم‌کنش این دو تیمار برای درصد پوکی دانه غیرمعنی‌دار بود. مقایسه میانگین داده‌های مربوط به درصد پوکی دانه نشان داد این شـاخص در تیمـار CT بـه‌طـور معنـی‌داری نسبت به تیمارهای NT و MT بیش‌تر است، به طوری که بیش‌ترین مقدار درصد پوکی دانـه در تیمـار CT (۱۷/۸ درصـد) بـه‌دسـت آمـد؛ کم‌ترین مقدار درصد پوکی دانه در تیمار MT (۸ درصـد) بـا اخـتلاف ۵۵ درصد نسبت به تیمار CT گزارش شد (جـدول ۶). میـزان درصـد پوکی دانه در تیمار گیاه پوششی در مقایسه با تیمار بدون گیاه پوششی اختلاف معنی‌داری نشان داد، در تیمار NC مقدار درصـد پـوکی دانـه اندازه‌گیری شده برابر با ۱۳/۶ درصد بود در حـالی کـه در تیمـار UC مقدار درصد پوکی دانه ۱۰ درصد گزارش شد. در تیمـار UC کـاهش ۲۶ درصدی در صفت پوکی دانه در مقایسه با تیمار NC مشاهده شـد (جدول ۶). به نظر می‌رسد که اجرای خاک‌ورزی حفـاظتی بـا بهبـود محتوای کربن آلی خاک و تاحدودی افزایش نسبی محتـوی رطـوبتی خاک موجب افزایش رشد فعالیت میکروارگانیسم‌های خـاکزی شـده که در نتیجه به دلیل چرخه مناسب‌تر عناصـر غـذایی و بـه تبـع آن فراهمی آنها تحریک رشد بوته را سبب شده اسـت (Shams abadi *et al.*, 2014). اجرای خاک‌ورزی حـداقل از طریـق زیـرو رو کـردن بیش‌تر خاک نسبت به بدون خاک‌ورزی موجب افزایش خلل و فرج و نفوذپذیری بهتر ریشه شده که این امر تحت تأثیر افزایش جذب آب و مواد غذایی موجب بهبود رشد دانه و کاهش درصـد پـوکی دانـه شـد (Alvarez and Steinbach, 2009)، طوری که در تیمار MT نسبت به تیمار NT کاهش ۲۴ درصدی پوکی دانه گزارش شـد (جـدول ۶). زیرو رو شدن عمیق خاک در تیمـار خـاک‌ورزی مرسـوم احتمـالاً بـه نفوذپذیری بیش‌تر ریشه کمک کند اما در این تیمار مقـدار کـم مـاده آلی اندازه‌گیری شده به دلیل مهیا شدن شرایط برای تبدیل کربن آلی به فرم فعـال و قابـل دسـترس (Kabiri *et al.*, 2016) و در نتیجـه هدرروی منبع آلی مشاهده شد، هم‌چنین خاک‌ورزی رایج با برهم زدن خاک منجر به تجزیه بقایای گیاهی شـده و افـزایش مـوقتی عناصـر غذایی در مدت زمان اولیه برگرداندن بقایا بـه خـاک را در پـی دارد و افزایش هدرروی این عناصر به دلیـل قابـل دسـترس بـودن افـزایش می‌یابد و باعث می‌شود که این عناصر غذایی در زمـان نیـاز گیـاه در دسترس گیاه قرار نگیرد (Shahpari *et al.*, 2016)، به همـین دلیـل بالاترین نرخ پوکی دانـه بـا اخـتلاف ۵۵ درصـدی نسـبت بـه تیمـار خاک‌ورزی حـداقل در تیمـار خـاک‌ورزی مرسـوم انـدازه‌گیـری شـد. مدیریت بقایای گیاهی علاوه بر ذخیره و حفـظ رطوبـت و هـم‌چنـین کاهش تبخیر موجب کارآیی بیش‌تر ذخیره آب می‌گردد و مواد غذایی نیز به نحو مؤثری حفظ می‌گردند که همین عوامل منجر بـه افـزایش سهم مواد فتوسنتزی تخصیص‌یافته به سلول‌های تشکیل‌دهنده دانه‌ها در گیاهان می‌شود. افزایش سهم مواد پرورده در دانه‌ها نیز در نهایـت باعث کاهش پوکی دانه‌ها خواهد شد (Mosavi *et al.*, 2009).

وزن صد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) نشـان داد تـأثیر اعمال دو تیمار خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر مقدار وزن صـد دانـه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد اما برهم‌کنش این دو تیمار برای وزن صد دانه معنی‌دار نشـد. مقایسـه میـانگین داده‌هـا در جـدول ۶ نشـان داد بیش‌ترین و کم‌ترین میزان وزن صـد دانـه آفتـابگردان بـه‌ترتیـب در تیمارهای MT و CT با مقادیر ۱۰ و ۶/۴ گـرم مشـاهده شـد. تیمـار MT توانست وزن صد دانه آفتابگردان را نسبت به تیمار CT در حدود ۳۶ درصد افزایش دهد. میزان وزن صد دانه در تیمار گیاه پوششـی در مقایسه با تیمار بدون گیاه پوششی اختلاف معنی‌داری نشان داد، وزن صد دانه آفتابگردان در تیمار NC (۶/۳ گرم) کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار UC (۷/۸ گرم) نشان داد. کاهش ۱۹ درصدی در تیمار بدون پوشش گیاهی نسبت به تیمار با پوشش گیاهی مشاهده شـد (جـدول ۶). از آنجا که ماده آلی خاک به‌عنوان منبع و ذخیره‌کننده مواد غذایی مورد نیاز برای تحریک فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی ضـروری بوده و تأمین‌کننده رشد مطلوب گیاهان است و نقـش کلیـدی را در چرخه کربن بـازی مـی‌کنـد (Rounsevell *et al.*, 1999)، اجـرای خاک‌ورزی حفاظتی با افزایش بیش‌تر محتوای مـاده آلـی خـاک در مقایسه با سایر روش‌های خـاک‌ورزی، از طریـق افـزایش فراهمـی عناصر غذایی موجب بهبود رشد رویشی و فتوسنتز شده که این امر با بهبود سهم تخصیص این مواد به مخزن در نهایت، افزایش وزن دانه را به دنبال داشته است (Shamsabadi *et al.*, 2014).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر خاک‌ورزی و گیاه پوششی بر ویژگی‌های زراعی آفتابگردان

Table 5- Analysis of variance for the effect of tillage and cover crop on sunflower agronomic properties

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares درصد پوکی دانه Unfilled grain	وزن صد دانه Grain weight	تعداد دانه در طبق Number of grain per anthodoium	قطر طبق Anthodium diameter	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
تکرار Replication	2	5.7 ns	0.2**	0.1**	24.9**	1241 ns	1284.7 ns
خاک‌ورزی Tillage	2	137.6**	3.3**	32.2**	36.6**	20031**	184089.05**
گیاه پوششی Cover crop	1	29.4**	0.9**	76.5**	386.6**	31250**	46309.4**
خاک‌ورزی×گیاه پوششی Tillage × Cover crop	2	5.6 ns	0.007 ns	0.5**	6.9**	1809 ns	3038.4 ns
خطا Error	10	1.5	0.02	0.7	0.7	821.1	1549.2
ضریب تغییرات (درصد) (%) CV	-	5.7	2.1	6.2	4.1	14.4	4.3

ns غیر معنی‌دار، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns: not significant, **: significant at 1% probability level

جدول ٦- مقایسه میانگین فسفر خاک، پتاسیم خاک، پوکی دانه، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک آفتابگردان تحت تأثیر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و گیاه پوششی (تعداد نمونه=۱۸)

Table 6- Mean test on soil phosphorus, soil potassium, sunflower unfilled grain, weight of 100 grains, grain yield and biological yield in effect of tillage systems and cover crop (n=18)

	فسفر Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم Potassium ($mg.kg^{-1}$)	درصد پوکی دانه Unfilled grain (%)	وزن صد دانه 100-Grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($g.m^{-2}$)
			خاک‌ورزی Tillage			
بدون خاک‌ورزی No-Tillage (NT)	20.16[b]	531[a]	10.5[b]	8.0[b]	192.0[b]	986.8[b]
خاک‌ورزی حداقل Minimum tillage (MT)	24.00[a]	539[a]	8.0[c]	10.0[a]	259.3[a]	1043.3[a]
خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage (CT)	18.00[c]	427[b]	17.8[a]	7.3[c]	144.3[c]	715.6[c]
			گیاه پوششی Cover crop			
با گیاه پوششی With cover crop (UC)	23.6[a]	506[a]	10.0[b]	7.8[a]	240.2[a]	966.0[a]
بدون گیاه پوششی No cover crop (NC)	17.7[b]	490[b]	13.6[a]	6.3[b]	156.8[b]	864.5[b]

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترکند از نظر صفت مورد مطالعه بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to LSD test ($p<0.05$).

میانگین کربن آلی در تیمار MT-UC با مقدار ۱۰/۴ گرم بر کیلوگرم به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بیش‌تر بود و در این تیمار نیز وزن صد دانه با مقدار ۸/۶ گرم بیش‌تر از سایر تیمارها بود (جدول ۴). احتمالاً حضور گیاه پوششی و اعمال خاک‌ورزی حفاظتی با حفظ رطوبت به افزایش طول دوره پر شدن دانه کمک می‌کند و سبب می‌گردد میزان بیش‌تری مواد فتوسنتزی به دانه‌ها منتقل شود، همین امر موجب افزایش وزن صد دانه می‌گردد (Burton *et al.*, 2004). بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد کلزا نشان داد که بالاترین میزان وزن دانه به سیستم بدون خاک‌ورزی کلش‌دار (حفظ مانده‌های گیاهی) اختصاص داشت. می‌توان علت این امر را افزایش قدرت حفظ رطوبت خاک در این سیستم خاک‌ورزی دانست (Barzegar *et al.*, 2004). امینی و همکاران (Amini *et al.*, 2014) در بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر اجزای عملکرد گندم گزارش کردند وزن دانه در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و حضور ۹۰ درصد بقایای گیاهی ۳ درصد بیش‌تر از تیمار خاک‌ورزی مرسوم و سوزاندن بقایای گیاهی بود. در توجیه این امر عنوان داشتند کاربرد بقایای گیاهی توأم با عملیات خاک‌ورزی مرسوم منجر به تغییر میزان C/N خاک می‌گردد و در نتیجه میزان نیتروژن موجود در خاک صرف میکروارگانیسم‌ها می‌گردد، بنابراین گیاه در طی فصل رشد با کمبود نیتروژن مواجه شده که بر میزان وزن‌گیری دانه تأثیر منفی خواهد داشت.

قطر طبق

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) نشان داد تأثیر اعمال دو تیمار خاک‌ورزی و گیاه پوششی و هم‌چنین برهمکنش بین این دو تیمار بر قطر طبق در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۴ نشان داد که میزان قطر طبق آفتابگردان در تیمار MT×UC به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم و عدم کشت گیاه پوششی بیش‌تر است، به طوری‌که بیش‌ترین مقدار قطر طبق در تیمار MT×UC با مقدار ۲۷ سانتی‌متر و کم‌ترین میزان قطر طبق به تیمار CT×NC با مقدار ۱۲سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. بعد از تیمار MT×UC تیمار NT×UC (با مقدار ۲۲/۴ سانتی‌متر) با اختلاف ۱۷ درصدی نسبت به تیمار MT×UC بیش‌ترین مقدار قطر طبق را به خود اختصاص داد تیمار MT×UC موجب افزایش ۵۵/۵ درصدی قطر طبق نسبت به تیمار CT×NC شد. به‌کارگیری خاک‌ورزی حداقل احتمالاً از طریق افزایش نیتروژن خاک موجب تحریک رشد رویشی گیاه می‌شود (Shamsabadi *et al.*, 2014)، که در این پژوهش بیش‌ترین مقدار نیتروژن (۱/۷ گرم بر کیلوگرم) در تیمار خاک‌ورزی حداقل×گیاه پوششی اندازه‌گیری شد (شکل ۲) و بالا بودن مقدار نیتروژن در این تیمار افزایش قطر طبق آفتابگردان را به‌دنبال داشته است (جدول ۴). اثرات باقی مانده‌های گیاهی سبب افزایش کربن آلی، حفظ رطوبت خاک و افزایش مواد غذایی قابل استفاده برای گیاه می‌باشد. چنین خصوصیات و ویژگی‌هایی تا حدود زیادی می‌تواند منجر به افزایش بیوماس گیاه زراعی گردد (Onemli, 2004). حضور گیاه پوششی تا حد قابل توجه‌ای مانع از رشد علف‌های هرز می‌شود و به دلیل نبود رقابت برون گونه‌ای بر سر عواملی چون آب، مواد غذایی و نور بین علف‌های هرز و گیاه، بوته‌های آفتابگردان توانسته استفاده بهتری از منابع ببرد و قطر طبق افزایش یافته است (Ramrodi *et al.*, 2010).

تعداد دانه در طبق

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۵) نشان داد تأثیر اعمال دو تیمار خاک‌ورزی و گیاه پوششی و هم‌چنین برهمکنش بین این دو تیمار بر تعداد دانه در طبق در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۴ نشان داد که تعداد دانه در طبق در تیمار MT×UC به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم و عدم کشت گیاه پوششی بیش‌تر است، به طوری‌که بیش‌ترین تعداد دانه در طبق در تیمار MT×UC با مقدار ۱۰۸۵ دانه و کم‌ترین میزان تعداد دانه در طبق به تیمار CT×NC با مقدار ۳۵۰ دانه اندازه‌گیری شد. بعد از تیمار MT×UC تیمار NT×UC (با مقدار ۹۵۰ دانه) با اختلاف ۱۲ درصدی نسبت به تیمار MT×UC بیش‌ترین تعداد دانه در طبق را به خود اختصاص داد. در تیمار CT×NC تعداد دانه در طبق نسبت به تیمار MT×UC حدود ۶۱ درصد کاهش داشت (جدول ۴). رطوبت، اکسیژن، درجه حرارت و مقاومت مکانیکی خاک از جمله عواملی هستند که به‌طور مستقیم بر رشد ریشه گیاه تأثیر می‌گذارند و این فاکتورها خود تحت تأثیر سیستم‌های خاک‌ورزی هستند (Asadi *et al.*, 2010) به نظر می‌رسد در این آزمایش در تیمار خاک‌ورزی حداقل شرایط لازم برای رشد و نمو ریشه فراهم بود، بنابراین گزارش بیش‌ترین تعداد دانه در طبق آفتابگردان به دلیل استقرار بهتر ریشه در خاک و بالاترین مقدار ماده آلی و عناصر غذایی در تیمار خاک‌ورزی حداقل که به پرشدن طبق‌ها می‌انجامد دور از انتظار نیست. بررسی سه ساله در شمال غرب ایران و در شرایط کشت مداوم گندم دیم نشان داده است که روش‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر تعداد دانه در سنبله، دارای اختلاف معنی‌داری هستند به‌طوری که از میان تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم (گاوآهن برگردان‌دار)، خاک‌ورزی حداقل (گاوآهن پنجه غازی) و بدون خاک‌ورزی، بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار خاک‌ورزی حداقل بوده است (Peterson *et al.*, 2002). حفظ بقایای گیاهی بر سطح خاک از طریق فراهمی بهتر رطوبت حاصل از بارندگی‌ها توانسته اثر مثبتی بر این جزء از عملکرد داشته باشد

(Amini *et al*., 2014).

عملکرد دانه

اثر تیمار خاک‌ورزی و گیاه پوششی در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد، اما اثر متقابل خاک‌ورزی در گیاه پوششی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۵). عملکرد دانه در تیمار MT به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای NT و CT بیش‌تر است (جدول ۶). بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمار MT و CT با مقدار ۲۵۹/۳ و ۱۴۴/۳ گرم بر مترمربع به‌دست آمد؛ تیمار NT با کاهش ۳۵ درصد عملکرد دانه نسبت به تیمار MT در مرتبه دوم قرار گرفت. تیمار خاک‌ورزی حداقل توانست عملکرد دانه آفتابگردان را نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم در حدود ۷۹ درصد افزایش دهد. به‌علاوه عملکرد دانه در حضور گیاه پوششی در مقایسه با عدم حضور گیاه پوششی اختلاف معنی‌داری نشان داد به این‌صورت که در تیمار UC نسبت به تیمار NC افزایش ۵۳ درصد داشت (جدول ۶). به نظر می‌رسد در پژوهش حاضر، افزایش عملکرد دانه آفتابگردان در تیمارهای خاک‌ورزی حداقل+کشت گیاه پوششی تحت تأثیر کشت چهار ساله گیاه پوششی زمستانه و مدیریت مناسب بقایای گیاهی، که از طریق اعمال مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی کاهش یافته اعمال شده است، قرار گرفته باشد. با توجه به نتایج این پژوهش، بیش‌ترین مقادیر عملکرد دانه در تیمار خاک‌ورزی حداقل و بعد از آن در تیمار بدون خاک‌ورزی ثبت شد و تیمار خاک‌ورزی مرسوم کم‌ترین عملکرد دانه را داشت. عملکرد دانه در تیمار بدون خاک‌ورزی نسبت به تیمار خاک‌ورزی حداقل به میزان ۲۵ درصد کاهش یافت. علت این کاهش عملکرد می‌تواند فشردگی بیش‌تر خاک و فراهم نبودن شرایط مناسب برای رشد ریشه در تیمار بدون خاک‌ورزی باشد. این فشردگی به کاهش تراکم طول ریشه گیاه در تیمار بدون خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی حداقل منجر می‌شود و گیاه توانایی کمتری در جذب آب و مواد غذایی مورد نیاز خود در مقایسه با خاک‌ورزی حداقل خواهد داشت. از دیگر عوامل مؤثر بر کاهش عملکرد دانه در تیمار بدون خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی حداقل می‌توان به تأخیر در استقرار، افزایش تراکم علف‌های هرز و تغییر در خواص فیزیکی خاک اشاره کرد (Mohammadi *et al*., 2009). به طور کلی منابع نشان می‌دهند در خاک‌ورزی حفاظتی وجود بقایا در سطح خاک موجب کاهش سبز شدن و استقرار علف‌های هرز و در نتیجه کاهش رقابت آن‌ها با گیاه زراعی شده و عملکرد گیاه زراعی اغلب در چنین حالتی افزایش می‌یابد (Hamzei and Borbor, 2014). نتایج نشان داد که بالاترین مقدار نیتروژن در تیمار خاک‌ورزی حداقل و گیاه پوششی (۱/۷ گرم بر کیلوگرم) اندازه‌گیری شد (جدول ۴)، به‌طوری که عملکرد دانه در تیمار خاک‌ورزی حداقل نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم در حدود ۴۴/۳۵ درصد و در تیمار کاشت گیاه پوششی نسبت به تیمار عدم کاشت گیاه پوششی ۳۳/۸۸ درصد بیش‌تر به‌دست آمد. کود نیتروژنی موجب افزایش سطح برگ (Nematpour *et al*., 2015) و در نتیجه افزایش میزان دریافت نور، تولید ماده خشک و دانه می‌شود (Sepide dam and Ramroudi, 2016)، نتایج نشان داد در تیمار UC در مقایسه با تیمار NC و در تیمار MT در مقایسه با تیمار CT به‌طور معنی‌داری درصد پوکی دانه کاهش یافت. همچنین، تیمار MT توانست وزن صد دانه آفتابگردان را نسبت به تیمار CT ۲۷ درصد افزایش دهد و کاهش ۱۹ درصدی در تیمار بدون پوشش گیاهی نسبت به تیمار با پوشش گیاهی اندازه‌گیری شد (جدول ۶). می‌توان اظهار داشت که افزایش دسترسی به نیتروژن در تیمارهای خاک‌ورزی حداقل و گیاه پوششی، منجر به رشد بهتر گیاه، افزایش ظرفیت فتوسنتزی و ذخیره فتوآسیمیلات‌ها در دانه شده و افزایش وزن دانه افزایش عملکرد دانه را نیز به دنبال دارد. در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به دلیل بهبود پایداری خاکدانه‌ها، افزایش ماده آلی خاک، نفوذ پذیری بیش‌تر آب در خاک و کاهش فرسایش خاک، شرایط بهتری برای رشد گیاه زراعی فراهم می‌گردد (Smith *et al*., 2011). با این حال، با در نظر گرفتن اقلیم نیمه‌خشک منطقه مورد مطالعه و نیز طول مدت اعمال خاک‌ورزی حفاظتی در این پژوهش (۴ سال)، خاک‌ورزی حداقل از بین خاک‌ورزی‌های حفاظتی مورد بررسی، گزینه مناسب‌تری به لحاظ عملکرد دانه آفتابگردان است.

عملکرد بیولوژیک

اثر تیمار خاک‌ورزی و گیاه پوششی در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد، اما اثر متقابل خاک‌ورزی در گیاه پوششی بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۵). عملکرد بیولوژیک در تیمار MT به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای NT و CT بیش‌تر است (جدول ۶). بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در تیمار MT و CT با مقدار ۱۰۴۳ و ۷۱۵/۶ گرم بر مترمربع به‌دست آمد؛ تیمار NT با کاهش ۵/۵ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار MT در مرتبه دوم قرار گرفت. تیمار خاک‌ورزی حداقل توانست عملکرد بیولوژیک آفتابگردان را نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم در حدود ۳۱/۵ درصد افزایش دهد. هم‌چنین شاخص عملکرد بیولوژیک در حضور گیاه پوششی در مقایسه با عدم حضور گیاه پوششی اختلاف معنی‌داری نشان داد به این‌صورت که در تیمار UC نسبت به تیمار NC افزایش ۱۰/۵ درصدی داشت (جدول ۶). با توجه به برتری تیمار خاک‌ورزی حداقل×گیاه پوششی نسبت به سایر تیمارها از نظر اجزای عملکرد برتری عملکرد بیولوژیک آفتابگردان در این تیمار نسبت به سایر تیمارها دور از انتظار نیست. عملیات خاک‌ورزی با اثر بر روی فعالیت‌های بیولوژیکی، دسترسی به منابع غذایی و هم‌چنین از راه تأثیر

بر مقاومت مکانیکی خاک و انتشار عناصر غذایی بر رشد و تولید گیاه اثر می‌گذارد (Mikanva *et al.*, 2009). افزایش عملکرد علاوه بر سایر عوامل به تهیه زمین، بستر بذر مناسب، حفاظت از حاصلخیزی خاک و جلوگیری از فشردگی خاک بستگی دارد، معمولاً سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی به دلیل حفظ بقایای گیاهی سبب افزایش حاصلخیزی و ماده آلی بیش‌تر خاک شده، در نتیجه عملکرد اقتصادی نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم افزایش می‌یابد، اما روش بی‌خاک‌ورزی به دلیل مقادیر زیاد بقایای گیاهی، رشد و توسعه علف‌های هرز و آماده سازی بستر بذر عموماً پاسخگوی نیازهای گیاه نخواهد بود (Azimzadeh *et al.*, 2003). بهبود وضعیت استقرار گیاه آفتابگردان در خاک‌ورزی حداقل و افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد در این تیمار نسبت به تیمار خاک‌ورزی مرسوم منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی و افزایش عملکرد بیولوژیک آفتابگردان در تیمار خاک‌ورزی حداقل گردید، اما عدم خاک‌ورزی به دلیل فشردگی خاک و ضعیف بودن کلی آفتابگردان به دلیل کاهش فتوسنتز و رشد رویشی منجر به کاهش وزن خشک اندام هوایی گیاه (Ahmadvand and Hajinia, 2015) و کاهش ۱۲ درصدی عملکرد بیولوژیک آفتابگردان نسبت به خاک‌ورزی حداقل گردید. بقایای گیاه پوششی باعث افزایش ماده آلی، نیتروژن، بهبود ساختمان خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش میکروارگانیسم‌های خاک می‌شود و از طریق بهبود حاصلخیزی خاک و کنترل علف‌های هرز در نهایت منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه آفتابگردان می‌شود (Campiglia *et al.*, 2010).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت تأثیر مدیریت‌های اعمال شده خاک‌ورزی قرار گرفت و در بین مدیریت‌های اعمال شده تیمار خاک‌ورزی حداقل و حضور گیاه پوششی کلزا منجر به افزایش اجزای عملکرد آفتابگردان و تیمار خاک‌ورزی مرسوم و عدم حضور گیاه پوششی کلزا منجر به کاهش اجزای عملکرد آفتابگردان شد. کم‌ترین درصد پوکی دانه آفتابگردان در تیمار خاک‌ورزی حداقل و حضور گیاه پوششی و بیش‌ترین درصد پوکی دانه در تیمار خاک‌ورزی مرسوم و بدون حضور گیاه پوششی گزارش شد، هم‌چنین بیش‌ترین مقدار ماده آلی و عناصر غذایی پرمصرف در تیمار خاک‌ورزی حداقل با حضور گیاه پوششی کلزا اندازه‌گیری شد. پوشش گیاهی نیز از طریق چرخه بازگشت برگ‌های پوسیده، ریشه و دیگر اجزای گیاه به خاک به حفظ ذخیره ماده آلی و افزایش مقادیر عناصر غذایی پرمصرف کمک می‌کند. مجموعه این عوامل منجر شد که رشد گیاه زراعی بهبود یافته و بالاترین عملکرد را داشته باشد. گرچه این پژوهش به منظور پذیرش فعالیت‌های مبتنی بر اصول کشاورزی پایدار از قبیل مدیریت بقایای گیاهی و خاک‌ورزی حفاظتی صورت گرفت، ولی جهت برآورد تأثیر حقیقی این راهکارهای مدیریتی می‌بایست آزمایش‌های طولانی مدت را مدنظر قرار داد.

References

1. Alexandra, M. R., Charles, B., and Jeangros, S. 2013. Effect of organic fertilizers and reduced-tillage on soil properties, crop nitrogen response and crop yield: Results of a 12-year experiment in Changins, Switzerland. Soil and Tillage Research 126: 11-18.
2. Algan, N., and Celen, A. S. 2011. Evaluation of mung bean (*Vigna radiata* L.) as green manure in Aegean conditions in terms of soil nutrition under different sowing dates. African Journal of Agricultural Research 6 (7): 1744-1749.
3. Al-Khatib, K., Libbey, C., and Boydston, R. 1997. Weed suppression with Brassica green manure crops in green manure crops in green pea. Weed Sciences 45: 439-445.
4. All-Issa, T. A., and Samarah, N. H. 2007. The effect of tillage practices on barleyproductionunder rainfed conditions in Jordan Agricultural and Environmental Science 2 (1): 75-79.
5. Alvarez, R., and Steinbach, H. S. 2009. A review of the effects of tillage systems on some soil physical proper-ties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. Soil and Tillage Research 104:1-15.
6. Amini, A., Rajaie, M., and Farsinezhad, K. 2014. Effects of different plant residue under different tillagepractices on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Ecophysiology 16: 27-37. (in Persian with English abstract).
7. Asadi, A., Yahyaabadi, M., and Taki, O. 2011.The Effect of Conventional and Conservation Tillage on Forage Corn Yield in a Barley-Corn Rotation. Agricultural Engineering Research 12 (1): 83-96.
8. Azimzadeh, M., Koocheki, A. R., and Bala, M. 2003. Effect of different Tillage methods on bulk density, porosity, soil moisture content and yield of wheat under dryland condition. Iranian Journal of Crop Sciences 4 (93): 209-224. (in Persian with English abstract).
9. Barzegar, A. R., Hashemi, A. M., Herbert, S. J., and Asoodar, M. 2004. Interactive effects of tillage system and soil water content aggregate size distribution for seedbed preparation in Fluvisols southwest Iran. Soil and Tillage Research 78: 45-52.

10. Basalma, D. 2008. The correlation and path analysis of yield and yield components of different winter rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4: 120-125.
11. Blanco-canqui, H., and Lal, R. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. Critical Review of Plant Science 28: 139-163.
12. Bremner, J. M. 1970. Nitrogen total, regular Kjeldahl method, In: Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties. Agronomy 9: 610-616.
13. Burton, W. A., Ripley, V. L., Potts, D. A., and Salisbury, P. A. 2004. Assessment of genetic diversity in selected breeding lines and cultivars of canola quality Brassica juncea and their implications for canola breeding. Euphytica 136: 181-192.
14. Campiglia, E., Caporali, F., Radicetti, E., and Mancinelli, R. 2010. Hairy Vetch (*Vicia villosa Roth*.) cover crop residue management for improving weed control and yield in no-tillage tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) production. European Journal of Agronomy 33: 94-102.
15. Celik, I., Barut, Z. B., Ortas, I., Gok, M., Demirbas, A., Tulun, Y., and Akpinar, C. 2011. Impacts of different tillage practices on some soil microbiological properties and crop yield under semiarid Mediterranean conditions. International Plant Production 5 (3): 237-254.
16. Chaghazardi, H. R., Jahnsuz, M. R., Ahmadi, A., and Gorji, M. 2010. Effects of different tillage methods on bread wheat and chickpea yield, yield components and soil physical properties under rainfed conditions in Kermanshah. Iranian Journal of Filed Crop Science 46 (4): 687-699.
17. Clapp, C. E., Allmarasa, R. R., Layeseb, M. F., Lindena, D. R., and Dowdya, R. H. 2000. Soil organic carbon and 13C abundance as related to tillage, crop residue, and nitrogen fertilization under continuous corn management in Minnesota. Soil and Tillage Research 5: 127-142.
18. Conklin, A. E., Erich, M. S., and Liebman, M. 2002, Effects of red clover (*Trifolium pratense*) green manure and compost soil amendments on wild mustard (*Brassica kaber*) growth and incidence of disease. Plant and Soil 238: 245-25.
19. Copeland, P. J., and Crookston, P. K. 1992. Crop sequence affects nutrient composition of corn and soybean grown under high fertility. Agronomy 84: 503-509.
20. Fink, J., Inda, A., Bavaresco, J., Barrón, V., Torrent, J., and Bayer, C. 2016. Adsorption and desorption of phosphorus in subtropical soils as affected by management system and mineralogy. Soil & Tillage Research 152: 62-68.
21. Gajri, P. R., Arora, V. K., and Prihar, S. S. 2004. Tillage for Sustainable Cropping. International Book Distributing Company.
22. Garcia, R. A., Crusciol, C. A. C., Calonego, J. C., and Rosolem, C. A. 2008. Potassium cycling in a corn–brachiaria cropping system. European Journal of Agronomy 28: 579-585.
23. Ghaffari, M., Ahmadvand, G., Ardakani, M. R., Mosaddeghi, M. R., Yeganehehpoor, F., Gaffari, M., and Mirakhori, M. 2012. Effect of Cover Crop Residues on Some Physicochemical Properties of Soil and Emergence Rate of Potato. Crop Ecophysiology 6 (1): 79-90.
24. Hamzei, J., and Borbor, A. 2014. Effect of different soil tillage methods and cover crops on yield and yield components of corn and some soil characteristics. Agricultural Science and Sustainable Production 24 (3): 35-45. (in Persian with English abstract).
25. Jahan, M., Solimani farzaghi, F., Ahmadi, F., Amiri, M. B., and Ehyaei, H. R. 2010. Interaction effects of green pea and Persian clover cover crop and biological fertilizers on yield and quality of sesame. The second National Conference on Agriculture and Sustainable Development. 11 and 12 March, Islamic Azad University of Shiraz.
26. Jeffery, L., Smith, N., and Jonathan, J. 2002. Soil properties and microbial activity across a 500 m elevation gradient in semi-arid environment. Soil Biology and Biochemistry 34: 1749-1757.
27. Kabiri, V., Raiesi, F., and Ghazavi, M. A. 2016. Tillage effects on soil microbial biomass, SOM mineralization and enzyme activity in a semi-arid Calcixerepts. Agriculture, Ecosystems and Environment. 232: 73-84.
28. Kruidhof, H., Bastiaans, M. L., and Kropff, M. J. 2008. Ecological weed management by cover cropping: effects on weedgrowth in autumn and weed establishment in spring, Weed Research 48: 492-502.
29. Klut, A. 1986. Method of Soil Analysis: Physical, Chemical and Mineralogical Methods. Soil Science Society of America 432-449.
30. Lugandu, S. 2013. Factors Influencing the Adoption off Conservation Agriculture by Smallholder Farmers in Karatu and Kongwa Districts of Tanzania. Presented at REPOA’s 18th Annual Research Workshop held at the Kunduchi Beach Hotel, Dares Salaam, Tanzania.
31. Martins, B. H., Araujo-Junior, C. F., Miyazawa, M., Vieira, K. M., and Milori, M. B. P. 2015. Soil organic matter quality and weed diversity in coffee plantation area submitted to weed control and cover crops management. Soil and Tillage Research 153: 169-174.
32. Mikanova, O., Javurek, M., Simon, T., Friedlova, M., and Vach, M. 2009. The effect of tillage systems on some microbial characteristics. Soil and Tillage Research 105 (1): 72.
33. Mohammadi, G. R., Safari-Poor, M., Ghobadi, M. E., and Najaphy, A. 2015. The Effect of Green Manure and

Nitrogen Fertilizer on Corn Yield and Growth Indices. Sustainable Agriculture and Production Science 25 (2): 105-124.
34. Mohammadi, Kh., Nabi Allahi, K., Aghaalikhani, M., and Khoormali, F. 2009. Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rainfed wheat. Plant Production 16 (4): 77-91. (in Persian with English abstract).
35. Mohammadi, M. 2012. Effects of canola and nitrogen fertilizer on some physical and chemical properties of soil and yield of the next crop. Soil and Water Research Institute.
36. Mosavi, S. B., Jafarzadeh, A. A., Neishabouri, M. R., Ostan, S., and Feiziasl, V. 2009. Rye green manure along with nitrogen fertilizer application increase wheat (*Triticum aestivum* L.) production under dryland condition Agriculture Research 4: 204-212. (in Persian with English abstract).
37. Najafi-Ghiri, M., Abtahi, A., and Jaberian, F. 2011. Factors affecting potassium release in calcareous soils of southern Iran. Soil Research 49 (6): 529-537.
38. Najafinejad, H., Jewelry, M. A., Ravari, S. Z., and Azad shahraki, F. 2009. Effect of crop rotation and crop residue management on corn yield. SC 704 and some soil properties. Seed Plant 25 (3): 258-245.
39. Nematpour, A., Kazemi, S. A. R., and Bahrani, M. 2015. The effect of seeding rate and nitrogen on yield and yield components of wheat grown canola residue. Iranian Journal of Field Crops Research 13 (1): 120-130.
40. Ohno, T., Doolan, K., and Zibilske, L. M. 2000. Phytotoxic effects of red clover amended soils on wild mustard seedling growth, Agriculture, Ecosystems & Environment 78: 187-192.
41. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., and Dean, L. A. 1954. Estimation of Available Phosphorous in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. Department of Agriculture, Washington DC.
42. Onemli, F. 2004. The effects of soil organic matter on seedling emergence in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Plant Soil Environment 50: 494-499.
43. Peterson, E. H., Pannel, D. G., Nordblom, T. L., and Shomo, F. 2002. Potential benefit from alternative areas of agricultural research for dry farming in northern Syria. Agricultural System 11 (2): 93-108.
44. Potter, M. 1999. Biochemical studies of tissue glucosinolates for improvement of canola (*Brassica napus*) as a disease break with in the southern Australian cereal rotation. Australasian Association of Nematologist.Canola, 1-3.
45. Ramrodi, M., Mazaheri, D., Hoseini, N., Hosseinzadeh, A. H., and Hosseini, M. B. 2010. The impact of cover crops, tillage systems and nitrogen fertilization on yield of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 41 (4): 763-769. (in Persian with English abstract).
46. Raymer, P. L. 2002. Canola: an emerging oilseed crop. Trends in New Crops and New Uses 1: 122-126.
47. Rounsevell, M. D. A., Evans, S. P., and Bullock, P. 1999. Climate change and agricultural soils: impacts and adaptation. Climate Change 43: 683-709.
48. Sepide dam, S., and Ramroudi, M. 2016. Effects of tillage systems and nitrogen fertilizer on yield, yield components and seed protein of wheat. Applied Research of Plant Ecophysiology 2 (2): 33-49.
49. Shahpary, Z., Fateh, E., and Aynehband, A. 2016.The effect of different residue type, management and nitrogen on yield, quality of durum wheat (*Triticum durum* L.) and soil macronutrients. Electronic Journal of Crop Production 9 (3): 87-104.
50. Shams Abadi, H. A., Taherirad, A. R., Khorramdel, S., and Nikkhah, A. 2014. The effect of tillage methods, plant density and planting patterns on growth characteristics, yield components and gain yield of sweet corn under Malaysia climatic conditions. Electronic Journal of Crop Production 8 (1): 79-98. (in Persian with English abstract).
51. Sharma, P., Abrol, V., and Sharma, R. K. 2011. Impact of tillage and mulch management on economics, energy requirement and crop performance in maize–wheat rotation in rainfed subhumid inceptisols, India. European Journal of Agronomy 34: 46-51.
52. Simon, T., Javurek, M., Mikanová, O., and Vach, M. 2009. The influence of tillage systems on soil organic matter and soil hydrophobicity. Soil and Tillage Research 105: 44-48.
53. Sohrabi, S. S., Fateh, E., Aynehband, A., and Rahnama, A. 2014. Effect of crop residue management and nitrogen fertilizer on accumulation and remobilization of wheat (*Triticum aestivum* L.) dry matter. Crop Production 7 (2): 113-134.
54. Vokovic, I., Mesic, M., Zgorelec, Z., Jurisic, A., and Sajko, K. 2008. Nitrogen use efficiency in winter wheat. Cereal Research Communications 36: 1119-1202.
55. Yasari, E., and Patwardhan, A. M. 2007. Effects of *Aztobacter* and *Azospirillium* inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of canola. Asian Journal of Plant Science 6 (1): 77-82.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 3, Fall. 2018, p. 599-614

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، ص. ۶۱۴-۵۹۹

Effect of Different Tillage Practices and Canola Cover Crop on Yield, Yield Components of Sunflower and Soil Quality Indicators in Dastjerd region (Hamedan)

Sh. Felegari[1]- J. Hamzei[2*]- M. Nael[3]

Received: 24-11-2017
Accepted: 13-03-2018

Introduction

Suitable tillage methods and planting cover crops are such factors in sustainable agricultural systems, which play an important role in the sustainability of agricultural production systems. The benefits cover crop can be referred improvement of soil fertility, chemical properties of soil, increasing of soil organic matter and biodiversity and finally increasing of crop yields.

Materials and Methods

This study was conducted at Agricultural Research Station of Bu-Ali Sina University in Dastjerd village near the city of Hamadan located in the west of Iran during 2015 growing season. A factorial layout based on a randomized complete block design with three levels of tillage practices (no-tillage (NT), minimum tillage (MT) and conventional tillage (CT)) and two levels of cover crops (with (UC) and without (NC) canola as a cover crop) was conducted. Treatments were replicated in three times. After harvesting main crop (sunflower), selected soil quality indicators including organic carbon, total nitrogen, available phosphorus and available potassium were measured. In addition, yield components of sunflower including percentage of unfilled grain, grain weight, number of grain per anthodium, anthodium diameter, grain and biological yields were measured at the end of the season. The data were analyzed by SAS software. Means were compared using Duncan's Multiple Range test at $P \leq 0.05$.

Results and Discussion

The results indicated that organic carbon and macronutrients (NPK) of soil were the highest in MT × UC treatment. After the minimum tillage treatment, the highest amounts of soil quality indicators were measured in the treatment of non-tillage treatment and presence of cover crop. MT×UC treatment with 1.04% organic carbon was significantly higher than other treatments and the lowest organic carbon (0.56%) was measured in conventional tillage treatment without using cover crop. The highest amount of macro-nutrients (nitrogen (0.16%), phosphorus (24 mg kg^{-1}) and potassium 430 (mg kg^{-1}) were revealed at the MT × UC treatment. In comparison with the conventional tillage, the minimum tillage treatment increased sunflower grain weight by about 18%. NC treatment reduced sunflower grain weight by 19% compared to UC treatment (using cover crop). The maximum anthodium diameter (27 cm) was achieved at MT×UC treatment, while this treatment resulted in an increase of 55.5% in anthodium diameter compared to CT×NC treatment. The number of grain per anthodium was not significantly different between the two treatments of MT×UC and NT×UC. Minimum tillage compared to conventional tillage significantly increased sunflower grain yield. Sunflower grain yield was decreased by 53% in non-using cover crop treatment compared to UC treatment (using cover crop). The highest (1043.3 g m^{-2}) and the lowest (715.6 g m^{-2}) biological yield of sunflower were obtained in minimum tillage and conventional tillage treatments, respectively. Between cover crop treatments, sunflower biological yield in NC treatment was 10.5% lower than UC treatment. Minimum tillage with the conservation of residue helps to protect the soil surface and increases soil quality. Therefore, conservation tillage is one of the new methods for optimum soil use

1- Former MSc Student, Department of Soil Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2- Associate Professors, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
3- Assistant Professor of Soil Science, Soil Science Dept. Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: j.hamzei@basu.ac.ir)

as the most important supply of food sources and can play an important role in increasing farm productivity.

Conclusions

In summary, the results suggested that the highest and the lowest sunflower yields were belonged to MT×UC and CT×NC treatments, respectively. In justifying these results, it can be said that planting cover crops, especially when combined with conservation tillage systems, improves soil organic matter and soil nutrient elements and increases sunflower yield.

Keywords: Conservation tillage, Crop yield, Macro nutrients, Residue management, Soil organic matter